

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СПЛАВА Al–Mn–Cu–Zr

Яковцева О.А., Барков Р.Ю., Постникова М.Н.,
Михайловская А.В.

НИТУ «МИСиС», г. Москва, РФ
yakovtseva.aa@misis.ru

Алюминиевые сплавы широко используемые сплавы практически в любой отрасли промышленности, т.к. обладают высокими механическими и физическими свойствами. Ограничивает применение алюминиевых сплавов достаточно низкая жаропрочность, повысить которую было целью работы. Сплавы системы Al–Cu–Mn–Zr характеризуются высокими свойствами при комнатной и криогенных температурах. Для улучшения жаропрочности данной группы сплавов необходимо максимально пересытить твердый раствор алюминия, что невозможно с помощью традиционного литья с высокими скоростями. Получить высокую степень пересыщения твердого раствора возможно при использовании высокоэнергетической механической обработки в шаровой мельнице, влияние такой обработки исследовано в работе.

Лигатура сплава Al–10%Mn–4%Cu получена литьем, затем переведена в стружку, далее в полученную стружку добавляли чистый Al и Zr и подвергали механическому легированию в течение 7.5 часов в высокоэнергетической планетарной мельнице Retch PM400 со скоростью 300 об/мин. Полученный сплав имел расчетный состав Al–6%Mn–2.6%Cu–5%Zr.

Фазовый состав определяли по рентгенограммам, полученным на дифрактометре D8 Discover (Bruker-AXS) в излучении CuK α . Рентгенофазовым анализом определено наличие алюминиевого твердого раствора и циркония, количество которого уменьшается, что видно по уменьшению интенсивности пиков в процессе размола. Также отмечено наличие фаз Al₆Mn и Al₃Zr (D0₂₂), интенсивность которых также уменьшается.

Расчет периода решетки и размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) проводили по методу Вильямсона-Холла. При увеличении времени обработки с 2.5 до 7.5 часов расчетный период решетки алюминиевого твердого раствора непрерывно уменьшается с 0.4047 нм до 0.4044 нм, ОКР снижается с 89 \pm 9 нм до 28 \pm 2 нм, что говорит о растворении фаз и измельчении структуры при этом, сохраняются пики от вторых фаз на рентгенограмме.

Теоретически рассчитанный период решетки алюминиевого твердого раствора сплава Al–6%Mn–2.6%Cu–5%Zr, где все легирующие элементы входят в твердый раствор должен быть равным 0.4038 нм. Таким образом анализ говорит о не полной растворимости элементов. Если предположить, что вся медь растворена в твердом растворе, так как пиков от фаз с медью не обнаружено, период решетки (Al) соответствует до 5% растворенных марганца и циркония.

Структура гранул в просвечивающем микроскопе после обработки представлена мелкой фракцией зерен/субзерен. Однако в структуре помимо твердого раствора алюминия присутствуют наноразмерные частицы фазы Al₃Zr, что согласуется с данными рентгенофазового анализа, т.е. 7.5 часов размола недостаточно, чтобы ввести все элементы в твердый раствор.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФ № 21-79-00273.